Über die optischen Eigenschaften des Tabaschir

von

E. Brücke,
w. M. k. Akad.

(Mit 1 Holzschnitte.)

Ferd. Cohn hat im IV. Bande (1887) seiner Beiträge zur Biologie der Pflanzen eine eben so lehrreiche als gelehrte Abhandlung über Tabaschir veröffentlicht. In derselben sind die Angaben, welche Sir David Brewster seinerzeit über die optischen Eigenschaften (Phil. Trans. Roy. Soc. of Londen 1819, Bd. I, pag. 283 und Schweigger's Jahrbuch der Physik und Chemie, Bd. XXII [Journ. für Chem. und Phys., Bd. LII] S. 412. Letzteres Übersetzung von Kämtz aus dem Edinburgh Journal of Science Nr. XVI, S. 285) dieser merkwürdigen Substanz machte, reproducirt. Seine Angaben, so alt sie sind, müssen noch jetzt ein lebhaftes Interesse erwecken, aber sie bedürfen eines Commentars.

Was den Leser zuerst stutzig macht, ist das unglaublich niedrige specifische Brechungsvermögen (absolute refractive power), welches Sir David für Tabaschir findet. Er formt aus der durchsichtigen Varietät mehrere Prismen [1] und findet mit

[1] Brewster spricht an der betreffenden Stelle nur von einem Prisma, aber er bestimmte den Brechungsindex von fünf Stücken, ohne anzugeben, dass er sich bei der Bestimmung einer anderen Methode bedient hätte. Auffallend ist nur, dass er darunter „a harder and more opaque specimen" aufzählt, dessen Brechungsindex er = 1·1825 fand. Erst später an einer anderen Stelle (Schweigger's Journ. l. c. S. 425) sagt er, dass er den Brechungsindex in einem Falle nach dem Winkel der grössten Polarisation bestimmt habe.

denselben den Brechungsindex = 1·1115 bis 1·1535. Dieser Brechungsindex sei m. Er dividirt dann m^2—1 durch das specifische Gewicht, wie es erhalten wurde, wenn man den lufthaltigen Tabaschir in der Luft und dann mit Wasser durchtränkt im Wasser abwog. Es war dies 2·412. Merkwürdig ist, dass er hievon nicht abzubringen war. Er erzählt, dass ein ausgezeichnetes Mitglied der Royal Society ihm gesagt habe, er müsse statt dessen 0·66 (das spec. Gewicht des lufthaltigen Tabaschir als Ganzem) nehmen, aber er habe es vorgezogen bei dem unmittelbaren Resultate des Versuches zu bleiben.

Man würde aber irren, wenn man glauben würde, Brewster sei über seinen Gegenstand so sehr im Unklaren gewesen, wie es hiernach scheint.

Gegen das Ende seiner Abhandlung in den Phil. Trans., welche die Form eines Briefes an Sir Joseph Banks trägt, spricht er von dem Verhalten eines kreidigen (opaken, chalky) Stückes Tabaschir, das in Bucheckernöl durchsichtig wurde, aber nicht in Wasser und auch nicht in Cassiaöl. Es zeigte bei einer gewissen Temperatur des Buchöls das Maximum der Durchsichtigkeit und Brewster schliesst mit Recht, dass hier die Brechungsindices des Buchöls und der festen Substanz des Tabaschir möglichst gleich sein mussten. Er schätzt diesen auf 1·5, während er früher den Brechungsindex des Tabaschir als eines Ganzen zu 1·1115 bis 1·1825 gefunden hatte, und ganz zuletzt sagt er: „Hence we may draw the important inference, of which we have no other example in physics, that the tabacheer and its included air exercise a joint action upon light, in the same manner as if they were in a state of chemical union.“

Dass die Prismen aus lufthältigem Tabaschir so geringe Ablenkungen gaben, war an sich nicht wunderbar. Die Lichtwellen konnten nur Verzögerungen erleiden nach Massgabe der Dichtigkeit der Medien, in denen sie fortschritten, und nach Massgabe der Weglängen, welche sie in denselben zurücklegten, aber die Frage muss erörtert werden, wie es denn möglich, dass das Tabaschirprisma noch durchsichtig war, dass nicht alles Licht reflectirt wurde bei den zahllosen Übergängen aus Luft in Kiesel und aus Kiesel in Luft.

Das Material, mit welchem ich arbeitete, war calcinirter Tabaschir aus derselben Quelle, Dr. Schuchardt in Görlitz, aus der auch Prof. Cohn seinen Tabaschir bezogen hatte. Es war darunter kein Stück so durchsichtig, dass es zu einem Prisma hätte verwendet werden können. Auch unter dem uncalcinirten Tabaschir, den ich von Herrn Dr. Schuchardt erhielt, war kein solcher, obgleich letzterer die Gefälligkeit gehabt hatte, die durchsichtigsten Stücke für mich auszusuchen. Indessen bürgt Brewster's Name dafür, dass er solche Stücke besass, und dann gibt es für ihre Durchsichtigkeit meiner Ansicht nach nur eine Erklärung: Die Partikeln von Kiesel und Luft, welche in diesen Stücken abwechselten, mussten ungewöhnlich klein und ungewöhnlich gleichmässig sein. In einem trüben Medium gibt es nur zwei Ursachen, welche es einem durchsichtigen annähern, das heisst, welche die Menge des unregelmässig reflectirten und verstreuten Lichtes, relativ gering sein lassen, erstens die Kleinheit des Unterschiedes im Brechungsindex des trübenden Mediums und des getrübten, oder die Kleinheit und Gleichmässigkeit der trübenden Theilchen. Die Wechsel des Mediums müssen so rasch aufeinander folgen, dass die zwischen ihnen liegende Zeit nur einen kleinen Bruchtheil von der Schwingungsdauer der Lichtvibrationen ausmacht. In einer Abhandlung über die Farben, welche trübe Medien im auffallenden und durchfallenden Lichte zeigen,[1] habe ich beschrieben, wie man eine Flüssigkeit erhalten kann, welche so durchsichtig ist und die Contouren der Gegenstände im durchfallenden Lichte so wohl erkennen lässt, dass man ihren Brechungsindex in einem Hohlprisma sehr wohl würde bestimmen können, und die dennoch im gewöhlichen Sinne trüb ist, indem sie von dem auffallenden Lichte eine beträchtliche Menge aus ihrem Innern zurückgibt.

Man tröpfelt nämlich eine Lösung von einem Gewichstheile Mastix in 87 Gewichtstheilen Weingeist in Wasser, das man in heftiger Bewegung erhält, so lange bis dasselbe opalescirend wird und in auffallender Tagesbeleuchtung eine reichliche Menge von bläulichem Lichte reflectirt. Aber hier sind die Bedingungen

[1] Diese Berichte IX. 530. Jahrgang 1852. Daraus in Pogg. Ann. LXXXVIII, S. 363.

für die Durchsichtigkeit viel günstiger, denn hier wechselt nur der Index von mit etwas Alkohol vermischtem Wasser mit dem von Kugeln, die aus Mastix bestehen, der eben noch so viel Alkohol zurückgehalten hat, um mit demselben Tropfen zu bilden, im Tabaschir dagegen wechselt der Brechungsindex von Luft mit dem der festen Substanz des Tabaschir. Wenn der letztere also nicht soviel Licht zerstreut reflectiren soll, dass er dadurch undurchsichtig wird, so müssen die trübenden Theilchen viel kleiner sein. Wenn man ein Newton'sches Farbenglas im auffallenden Tageslichte betrachtet, so sieht man, dass der Übergang vom centralen dunklen Flecke zum ersten hellen Ringe kein plötzlicher, sondern ein allmäliger ist. Es ist dies eine bekannte und theoretisch hinreichend erörterte Erscheinung, welcher ich hier nur erwähne, um in Erinnerung zu bringen, in welcher Weise der Abstand der reflectirenden Flächen in Betracht kommt und auch da in Betracht kommt, wo das eine Medium Luft, das andere Glas oder ein anderes stark brechendes Medium ist.

Als ich vor 36 Jahren die oben erwähnte Abhandlung schrieb, glaubte ich noch die Farbe des zurückgeworfenen Lichtes neige zum Violett, wenn die trübenden Theile sämmtlich sehr klein seien, weil ich an der Haut des Chamäleons als Farbe trüber Medien die violettblaue Farbe der als Aquarellfarbe bekannten Neutraltinte beobachtet hatte; aber ich bin dieser Erscheinung sonst nirgend begegnet, und aus den Bedingungen für die Entstehung der Farben trüber Medien lässt sie sich selbst für die kleinsten trübenden Theilchen nicht mit Nothwendigkeit herleiten. Diese Bedingungen sind zwei:

Die erste ist die Ungleichheit in der Zusammensetzung des reflectirten und des durchgelassenen Lichtes, insoweit sie lediglich als Folge der zahlreichen Reflectionen erscheint. Ich habe dieselbe schon in jener Abhandlung aus den Formeln für die Intensität des reflectirten und für die Intensität des gebrochenen Strahles hergeleitet, und es sind seitdem so ausführliche Rechnungen darüber veröffentlicht worden, dass ich hier nicht weiter darauf zurückzukommen brauche. Die zweite ursächliche Bedingung liegt in den Interferenzen, zu welchen es sowohl zwischen den reflectirten als auch zwischen den gebrochenen Strahlen kommt. Allerdings sollte man auf den ersten Anblick meinen,

dass diese das reflectirte Licht umsomehr violett machen müssten, je rascher die Reflexionen aufeinander folgen, wenn man aber die rasche Zunahme der Lichtintensität vom Violett zum Grün berücksichtigt, welche auch das Normalspectrum zeigt, und wenn man auch bedenkt, dass Violett und Grün in gleichen Intensitäten auf der Netzhaut gemischt blau geben, so lässt sich eben über die resultirende Farbe nichts anderes aussagen, als dass sie zum Blau neigen müsste, indem das kurzwellige Licht in ihr vorherrscht.

Dies muss also auch geschehen, wenn die Abstände, in denen die Reflexionen stattfinden, einander noch näher rücken, nicht nur als eine Viertelwellenlänge des grünen und des blauen, sondern auch des violetten Lichtes, ja selbst wenn deren Abstände auch nur noch einen kleinen Bruchtheil der Wellenlänge irgend eines sichtbaren Lichtes betragen, und das letztere müssen wir beim durchsichtigen Tabaschir annehmen.

Freilich könnte die Durchsichtigkeit auch bei etwas grösseren Abständen bestehen, aber dann müsste die Zahl der trübenden Theile gering sein, was nothwendig voraussetzen würde, dass von den beiden Medien, die im Tabaschir gemengt sind, Luft und feste Kieselsubstanz, das Gesammtvolumen des einen sehr klein sein müsste gegen das Gesammtvolumen des anderen. Das ist nun aber erfahrungsgemäss nicht der Fall.

Brewster sagt, der Raum, welchen die Poren einnehmen, verhält sich zu dem von der festen Masse ausgefüllten nahe wie $2\frac{1}{2}$ zu 1. [1]

In einem opaken Tabaschir wurden 2·307 Vol. Luft auf 1 Vol. fester Substanz gefunden, in einem durchsichtigen Tabaschir aber 2·5656 Vol. Luft auf 1 Vol. fester Substanz. Das in Rücksicht auf Durchsichtigkeit denkbar ungünstigste Verhältniss würde erreicht sein, wenn die Zeiten, welche das Licht während seines Durchganges in Luft und in fester Substanz zubringt, gleich wären, wenn also die Weglängen in der Luft dividirt durch die Weglängen in fester Substanz den Brechungsindex der letzteren gegen

---

[1] Schweigger's Jahrbuch d. Chem. u. Phys. Bd. XXII. (Bd. LII von Schweigger's Journal) p. 413 aus dem Edinburgh Journal of science, Nr. XVI.

Luft geben würden, aber alle Verhältnisse sind ungünstig, so lange nicht das eine Volum sehr klein ist gegen das andere. Es kann also nur durch die Kleinheit der Abstände, in welchen die Reflexionen aufeinander folgen, ermöglicht werden, dass trotz ihrer grossen Zahl so wenig Licht unregelmässig zerstreut wird, dass ein solches Stück Tabaschir noch durchsichtig und für Anfertigung eines Prismas geeignet sein kann, und zwar muss diese Kleinheit eine möglichst gleichmässige sein, es dürfen nicht Regionen der feineren Vertheilung mit Regionen der gröberen Vertheilung abwechseln.

Wenn die hier vorgetragene Ansicht über den durchsichtigen Tabaschir richtig ist, so muss man mit Hilfe von solchem einen für die Optik wichtigen Versuch anstellen können. Man bestimme den Brechungsindex eines Stückes auf dioptrischem Wege, also z. B. wie Brewster dadurch, dass man ein Prisma aus demselben schneidet. Dann wird dasselbe, nachdem es zur besagten Bestimmung gedient hat, gewogen, darauf mit einer Flüssigkeit von bekanntem specifischem Gewichte möglichst vollständig durchtränkt, an der Oberfläche abgetrocknet und wieder gewogen. Man findet auf diese Weise das Volum der Lufträume, welche die durchtränkende Flüssigkeit erfüllt.

Durch Division des Resultates der ersten Wägung mit dem specifischen Gewichte der Kieselsubstanz des Tabaschir findet man das Volum der festen Masse des Prismas, nachdem man das erwähnte specifische Gewicht dadurch ermittelt hat, dass man das durchtränkte Prisma noch einmal in derselben Flüssigkeit von bekanntem specifischem Gewichte, mit der es durchtränkt wurde, abwog.

Daraus ergeben sich, die Substanz des Prismas als gleichartig vorausgesetzt, die Weglängen, welche das Licht in demselben in der Luft und in der festen Substanz des Tabaschir zurücklegt, und es fragt sich, entspricht die Ablenkung diesen Weglängen, wenn man einfach die Brechungsindices von Luft und von der Kieselsubstanz des Tabaschir zu Grunde legt, oder weicht sie davon ab, welche Abweichung man dann auf Rechnung von Störungen zu setzen haben würde, die beim Übergange des Lichtes aus einem Medium in das andere stattfinden.

Ist s die in Luft zurückgelegte Wegstrecke und s_1 die in fester Substanz zurückgelegte, so muss, falls keine solchen Störungen stattfinden, gefunden werden

$$x = \frac{s + ns_1}{s + s_1},$$

worin x den Brechungsindex des lufthältigen Tabaschir gegen Luft, den Brechungsindex der letzteren gleich 1 gesetzt, bedeutet und n den Brechungsindex der festen Substanz des Tabaschir gegen Luft.

Die Angaben von Brewster können nicht als Unterlage für eine solche Rechnung dienen, schon desshalb nicht, weil alle Daten an einem und demselben Stücke gewonnen sein müssen, während die von Brewster überlieferten Zahlen von verschiedenen Stücken herrühren, aber ich will, ehe ich weiter gehe, noch die Art besprechen, wie der Brechungsindex der festen Substanz des Tabaschir gegen Luft, der gleichfalls an denselben Stücke bestimmt werden muss, am besten ermittelt wird.

Wenn Tabaschir mit einer Flüssigkeit durchtränkt wird, so wird er sicher umso durchsichtiger werden, je mehr sich der Brechungsindex der Flüssigkeit dem seiner festen Substanz nähert, und er wird bis zum Verschwinden durchsichtig werden wenn jener diesem gleichkommt. Man hat dann nur den Brechungsindex der Flüssigkeit zu bestimmen. Man kann aber mittelst Prof. Sigm. Exner's Mikrorefractometer [1] dies Verfahren noch bedeutend verfeinern. Herr Prof. S. Exner untersuchte auf meinen Wunsch mikroskopische Splitter von einem durchscheinenden, im auffallenden Lichte bläulichem, calcinirten Tabaschir mit seinem Instrumente. Er brachte sie in verschiedene Mischungen von Glycerin und Wasser und fand die feste Substanz derselben immer stärker brechend als solche von 1·4637 und schwächer als solche von 1·4647. In Flüssigkeiten vom Index 1·4638 und 1·4640 zeigten sich einzelne Splitter des Tabaschir stärker, andere schwächer brechend als das Medium.

---

[1] Ein Mikrorefractometer. Arch. f. mikroskopische Annat. Bd. XXV. u. Sitzungsprotokoll der chem. physik. Gesellschaft zu Wien, 2. Juni 1885 in F. Exner's Repertorium der Physik.

Der auf gleiche Weise bestimmte Brechungsindex von rohem, nicht calcinirtem Tabaschir lag zwischen 1·4580 und 1·4598.

Die Brechungsindices der Flüssigkeiten wurden mittelst Abbe's Refractometer bestimmt. Der Tabaschir setzte wegen seiner Imbibitionsfähigkeit der Anwendung des Mikrorefractometers insoferne grössere Schwierigkeiten entgegen als andere Körper, als die meisten Stücke verschwanden, nachdem die Gleichheit der Brechungsindices nahezu erreicht war, und nur einzelne besonders günstig gelagerte Stücke sichtbar blieben.

Die gefundenen Werthe sind sehr beträchtlich unter 1·544, dem Brechungsindex des ordinären Strahles im Quarz für Natronlicht, aber die Dichte des Tabaschir ist auch, abgesehen von den Lufträumen, viel geringer als die des Quarzes. Brewster schätzt das specifische Gewicht der festen Substanz auf 2·412 [1] während die des Quarzes 2·653 ist.

Brewster sagt, als er ein Tabaschirprisma mit Cassiaöl getränkt habe, so sei dessen Brechungsindex ein wenig höher gewesen als der des Öls, nämlich gleich 1·6423. Das Prisma sei durch das Öl stark gelb gefärbt worden. Diese angegebene Zahl ist vorläufig nicht zu erklären. Baden Powell, der höhere Zahlen für Cassiaöl angibt als Kundt, verzeichnet für gelbes Natronlicht 1·6104, während Brewster selbst für dieses Öl 1·641 angibt [Sweig. Jahrb. d. Ch. u. Ph. l. c. S, 524]. Brewster müsste also einen Tabaschir untersucht haben, dessen feste Substanz nicht nur stärker brach als Quarz, sondern auch stärker als das Cassiaöl.

Brewster spricht ferner den Verdacht aus; dass das Wasser vielleicht nicht in alle Poren des Tabaschir eindringe. Es wird sich desshalb empfehlen bei Wägungen für den besagten Zweck nicht Wasser anzuwenden, sondern eine andere Flüssigkeit. Bedingungen sind: Grosse Capillarattraction gegen Kiesel und Silicate und Nichtflüchtigkeit bei gewöhnlicher Temperatur, letztere desshalb, weil man das imbibirte Stück auch in der Luft wägen

---

[1] Es war dies das Resultat, welches James Jardine als Mittel an einigen durchsichtigen Tabaschirstücken erhalten hatte. Cavendish fand das specifische Gewicht der festen Substanz eines gleichfalls durchsichtigen Stückes = 2·169. (Phil. Trans. l. c. 395.)

muss, um das Volumen der Lufträume zu bestimmen. Wünschenswerth ist ferner ein Brechungsindex, der nicht zu weit von dem der festen Substanz des Tabaschir entfernt ist, damit die in allen Theilen erzielte Durchsichtigkeit Zeugniss für die Vollständigkeit der Imbibition ablege. Die letztere erzielt man am besten so, dass man in ein Gefäss zuerst eine niedere Schicht von der Flüssigkeit giesst, in welche das Tabaschirstück weniger als zur Hälfte eintaucht, und nun wartet, bis das letztere sich vollgesogen hat und durchsichtig geworden ist. Erst dann giesst man von der Flüssigkeit nach bis das ganze Stück bedeckt ist. Ich habe so sehr undurchsichtige Stücke von Tabaschir mittelst Bucheckernöl durchsichtig gemacht.

Dass die Theilchen der festen Substanz und ihre Zwischenräume sehr klein sein müssen, bestätigt auch die mikroskopische Untersuchung. Ich habe für dieselbe Tabaschir in verschiedener Weise imprägnirt. Das erste belehrende Resultat ergab das schon von Plinius beschriebene Verfahren Onyx aus Calcedon zu machen, Imprägnation mit Zuckerkohle Ich kochte ein Stück durchscheinenden Tabaschir in heiss concentrirter Rohrzuckerlösung (Plinius schreibt begreiflicherweise Honig vor) und liess es mehrere Tage in der erkalteten Flüssigkeit liegen; dann trocknete ich es durch mehrere Tage erst an der Luft, dann im warmen Raume und erhitzte es schliesslich bis zur gänzlichen Verkohlung des Zuckers, wobei es in mehrere Fragmente zersprang. Ein Paar derselben wurden in der Reibschaale gepulvert und das Pulver in Bucheckernöl mikroskopisch untersucht. Die einzelnen Stückchen waren sämmtlich braun gefärbt. Auch mit den stärksten Vergrösserungen liess sich keine Abwechslung von Weiss und Braun wahrnehmen, zwar erschienen die Stücke oft heller und dunkler gekörnt, aber der hellere Grund war noch immer braun. Nur ganz vereinzelt kamen kleine Stücke vor, in denen ein feines, braunes Gitter farblose Räume einschloss und auch hier musste es zweifelhaft bleiben, ob man es mit gröberen Massen fester Substanz zu thun habe, oder mit kleinen Partien, in welche die Zuckerlösung nicht eingedrungen war. Auch kamen an einem und demselben Splitter ganz gleichmässige Braunfärbung und Körnerzeichnung nebeneinander vor.

Dass wir Theilchen, von denen wir annehmen, dass ihre Durchmesser nur einen kleinen Bruchtheil von der Wellenlänge des Lichtes betragen, auch wenn sie stark absorbirend wirken, nicht einzeln sehen, versteht sich, die Richtigkeit der Annahme vorausgesetzt, von selbst, aber die mikroskopische Untersuchung gab noch zu einer andern Wahrnehmung Veranlassung.

Sir David Brewster erzählt, dass ein Stück Tabaschir, welches man in Papier wickelt, wenn man das letztere anzündet, nicht nur oberflächlich, sondern bis zu einer gewissen Tiefe schwarz wird, und dass man die Schwärze vertiefen kann, wenn man den Versuch mit demselben Stücke mehrmals wiederholt. Ich fand nun auf diese Weise geschwärzte Stücke, wenn sie pulverisirt und mikroskopisch untersucht wurden, zwar weniger tief gefärbt als die mit Zucker geschwärzten, aber, so weit die Färbung reichte, viel gleichmässiger.

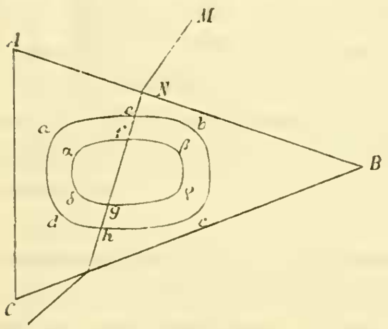
Die früher beschriebene Körnchenzeichnung kam an den von mir untersuchten Stücken nur vereinzelt vor. Die mikroskopischen Splitter waren einfach gleichmässig braun, nur da, wo sie dünner waren, lichter.

Es unterliegt nun keinem Zweifel, dass die Färbung von Kohlentheilchen herrührte, welche durch Luftströmungen in das Innere des Tabaschir getragen waren. Diese Kohlentheilchen waren also selbst für die stärksten Vergrösserungen unsichtbar klein, und sie waren durch Luftströme in Räume von derselben Grössenordnung hineingetragen. In solchen Räumen also existiren noch Luftströme. Es scheint das auf den ersten Anblick schwer vereinbar mit dem Widerstande, den wir beim Hindurchpressen von Luft durch sehr enge Räume erfahren, aber die treibenden Kräfte sind verschiedene. Hier sind es eben die durch die Verbrennung entwickelten lebendigen Kräfte, welche die Lufttheilchen und die Kohlentheilchen mit einander forttreiben.

Brewster führt einen interessanten, auf den ersten Anblick paradoxen Versuch an. Bringt man auf ein durchsichtiges Stück Tabaschir eine kleine Quantität von Wasser, so wird diese sofort absorbirt und es entsteht ein weisser, undurchsichtiger, kreidiger Fleck. Wenn man aber das ganze Stück vollständig mit Wasser imbibirt, so wird es durchsichtiger als es früher war. Ich habe diesen Versuch an durchscheinenden Stücken von Tabaschir,

rohem und calcinirtem, mit demselben Erfolge wiederholt, der Erklärung aber, welche Brewster gibt, kann ich nicht beistimmen.

Man sehe beistehenden Holzschnitt. Er ist ein Copie dessen, welchen Brewster seiner Erklärung beigibt. *ABC* sei ein Prisma aus Tabaschir und *abcd* einer von seinen Poren stark vergrössert.



Dieser Hohlraum ist mit Luft gefüllt. Wenn nun der Strahl *MN* bei *e* in denselben eintritt und bei *h* ihn wieder verlässt, so ist er, meint Brewster, wegen des niederen Brechungsindex des Tabaschir so wenig gebrochen und so wenig reflectirt, dass das Stück durchsichtig erscheinen kann. Wenn aber etwas Wasser eintritt, so benetzt dieses die Wand des Hohlraumes ohne ihn ganz zu erfüllen. Es soll etwa bis zur Linie $\alpha\beta\gamma\delta$ reichen. Dann tritt Brechung zwischen Luft und Wasser ein, der Brechungsindex von Wasser ist aber höher, und dadurch wird das Stück undurchsichtig.

Es ist klar, Brewster denkt hier an den niedrigen Brechungsindex, welchen er für Tabaschir als Ganzes ermittelt hat. Dieser setzt sich zusammen aus dem Brechungsindex von Luft und dem der festen Substanz. — Er kann also 1·1115 sein, während Brewster den des Wassers zu 1·3358 angibt. Wenn wir aber die den ganzen Tabaschir durchsetzenden kleinen Poren betrachten, durch deren Kleinheit und Gleichmässigkeit es allein möglich wird, dass er durchsichtig sein kann, während er auf einen Raumtheil fester Sustanz $2^1/_2$ Raumtheile Luft enthält, wenn wir diese kleinsten Poren betrachten, so handelt es sich um nichts Geringeres als um den Übergang von Luft in Kiesel und von Kiesel in Luft. Es kommt also nicht der Brechungsindex des Tabaschir als eines Ganzen in Betracht, sondern der Brechungsindex der festen Substanz desselben gegen Luft.

Mir scheint die Ursache des Opakwerdens bei Benetzung mit einzelnen Tropfen eine andere zu sein. Es ist gewiss, das Wasser, da es in unzureichender Menge vorhanden ist, kann

nicht alle Räume erfüllen. Es wird nur einige erfüllen, aber diese werden wahrscheinlich kein glatt abgerundetes Territorium bilden, sondern es werden zwischen den wassererfüllten Räumen andere mit Luft gefüllte bleiben. Es entstehen dadurch im Bereiche des Tropfens zwei Substanzen, von denen die eine einen Brechungsindex zwischen 1·336 und 1·465 hat, während die der anderen zwischen 1·1115 und 1·1535 liegt.

Wenn also die Grenzen dieser zwei Substanzen Abstände von mikroskopisch sichtbarem Durchmesser zwischen sich lassen, so erklärt dies hinreichend die Undurchsichtigkeit im Bereiche des Tropfens. Ich habe die Richtigkeit dieser Erklärung durch einen Versuch erhärten können. Ich setzte auf ein Stück durchscheinenden Tabaschir einen Tropfen einer ziemlich concentrirten Lösung von übermangansaurem Kali, der sogleich eingesogen wurde. Ich trocknete langsam zuerst an der Luft, dann in der Wärme und erhitzte zuletzt, als sicher kein Wasser mehr zurück war, über der Spirituslampe.

Es blieb nun ein brauner Fleck zurück, von dem ich mit dem Grabstichel kleine Stücke heraushob, die ich dann zwischen zwei Objectträgern weiter zertrümmerte und in Bucheckernöl mikroskopisch untersuchte. Sie zeigten Abwechslungen von braunen und von vollständig farblosen Partien. Die braunen Zeichnungen, welche die Räume wiedergaben, in welche die Flüssigkeit eingedrungen war, zeigten einen dendritischen Charakter, aber die Figuren waren nicht gespreizt ästig, sie ähnelten vielmehr Bildern von Thujatrieben. Oft aber kamen an einem Splitter auch nur vereinzelte braune Sterne vor, offenbar dann, wenn die Richtung, in der die Flüssigkeit fortgeschritten war, nicht senkrecht gegen die Gesichtslinie stand, sondern parallel zu derselben oder wenig geneigt.

Ferd. Cohn sagt, ohne näher auf diesen Punkt einzugehen, der Tabaschir fluorescire, namentlich das schöne blaue Licht, welches er in Terpentinöl liegend und mit demselben getränkt zurückgibt, sei Fluorescenzlicht. Dass es nicht von Fluorescenz allein herrührt, lässt sich leicht wahrnehmen. Wenn man es durch ein Nicol'sches Prisma betrachtet und dieses vor dem Auge um die Achse dreht, so ändert sich seine Intensität je nach der

Lage des Prismas deutlich. Fluorescenzlicht thut dies bekanntlich nicht, da es unpolarisirt ist.

Dieses reflectirte Licht ist einfach Farbe des trüben Mediums und als solches bläulich. Im durchfallenden Lichte sind dieselben Stücke gelblich, bräunlich oder röthlich. Wesshalb die Farbe des durchfallenden Lichtes von der Complementärfarbe des reflectirten Lichtes mehr oder weniger abweicht, das habe ich in meiner oben citirten Abhandlung über die Farben trüber Medien bereits ausführlich auseinander gesetzt.

Daneben konnte aber Fluorescenzlicht von dem in Terpentinöl liegenden Tabaschir ausgehen und dies scheint in der That der Fall zu sein.

Erstens glaube ich einen schwachen blauen Lichtschein im Tabaschir auch dann noch gesehen zu haben, wenn nicht mehr Theile des leuchtenden Spectrums hindurchgingen, sondern die den violetten zunächst liegenden dunklen Strahlen. So meinte auch Prof. Sigm. Exner, der den Versuch mit mir anstellte.

Das Licht wurde durch verbrennenden Magnesiumdraht erzeugt, das Spectrum durch ein Bergkrystallprisma und zwei Bergkrystalllinsen entworfen.

Zweitens erschien ein Stück Tabaschir, das in Terpentinöl so durchsichtig geworden wie Eis und in demselben fast unsichtbar, in dem durch eine Sammellinse vom Magnesiumlicht entworfenen Lichtkegel schön blau und zeigte seine ganze Gestalt wie ein bläulich getrübter Stein, der im Wasser liegt. Freilich war das Licht, welches es zurückgab, auch nicht frei von polarisirtem. Es war also auch reflectirtes Licht dabei. Doch glaube ich, dass auch diese Beobachtung im Zusammenhalte mit der vorerwähnten dafür spricht, dass dem Tabaschir Fluorescenz zukomme, wenn auch nicht gerade als hervorragende Eigenschaft.

Wenn schliesslich gefragt wird, was wir über die Structur des Tabaschir aussagen können, so ist es zunächst unzweifelhaft, dass alle festen Theile desselben miteinander in Verbindung stehen, denn der durchscheinende Tabaschir ist nicht kreidig und schreibend, er zeigt muscheligen Bruch.

Anderseits ist es unzweifelhaft, dass alle Lufträume mit einander in Verbindung stehen, denn sonst könnte er sich nicht dadurch vollständig infiltriren, dass wir ihn theilweise in eine

Flüssigkeit tauchen lassen, gleichviel von welcher Seite dies geschieht. Die feste Substanz bildet also ein dreidimensionales Gitterwerk. Ob die Elemente dieses Gitterwerkes amorph oder krystallisirt sind, wissen wir nicht. Unter dem Polarisationsmikroskope zeigt Tabaschir keine Spur von krystallinischer Structur, aber auch falls er ganz aus Krystallen bestände, müsste dies so sein, wenn die Krystalle nicht orientirt wären, da der einzelne viel zu klein sein würde, um zu einer Interferenzerscheinung des polarisirten Lichtes Veranlassung zu geben.

Der Tabaschir ist im gewöhnlichen Sinne des Wortes vollständig amorph.